ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
INFORMATION TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE, AND MANAGEMENT



УДК 51.77 DOI 10.12737/22154

Информационная поддержка мониторинга состояния организации*

Л. В. Борисова[1], Л. А. Димитрова[2], И. Н. Нурутдинова[3]**
[1, 2, 3]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Information support for monitoring of the organization state ***

L.V. Borisova[1], L. A. Dimitrova[2], I. N. Nurutdinova[3]**
[1, 2, 3] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Целью настоящей работы является подготовка, обработка и анализ экспертной информации, предназначенной для определения уровня зрелости организации на основе самооценки. Для установления уровня зрелости использованы критерии стандарта ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Поставлены задачи определения последовательности действий для получения оценки уровня зрелости и разработки методики формирования экспертной информации, адекватно отражающей реальную ситуацию. Для решения поставленных задач использован математический аппарат теории нечетких множеств. Подготовка и анализ экспертной информации составляет суть этапа фаззификации при создании экспертной системы. Решение задачи проиллюстрировано на модельном примере. Определены лингвистические переменные, построены функции принадлежности, определены аддитивный и мультипликативный показатели согласованности, построены матрицы согласованности и индексов нечеткости. Для получения этих характеристик использована программная система ввода экспертной информации. Установлено достаточно высокое качество экспертной информации и ее пригодность для использования на последующих этапах создания экспертной системы. Предложенная методика может быть применена как для формирования экспертной информации при определении уровня зрелости организаций, так и для решения любых задач при разработке экспертных систем, функционирующих на основе нечеткой экспертной информации.

The paper objective is the preparation, processing and analysis of the expert information to determine the organization maturity level on the basis of the self-assessment. GOST R ISO 9004–2010 criteria are used to establish the maturity level. The following tasks are set: to determine the sequence of actions for assessing the maturity level of the organization, and to develop methods of generating the expert information that gives an adequate view of the actual situation. A mathematical apparatus of fuzzy sets theory is used to solve the problems. The preparation and analysis of the expert information is the gist of the fuzzification stage in creating an expert system. The solution to the problem is illustrated by a model example. Linguistic variables and additive and multiplicative indices of conformity are determined. Membership functions and matrices of consistency and of fuzziness indexes are constructed. The program system of expert information input is used to obtain these characteristics. Sufficiently high quality of the expert information and its applicability on the subsequent stages of the expert system operation are determined. The proposed methods can be applied both for the expert information generation under determining the organization maturity level, and for solving any problem of the development of the expert systems that operate on the basis of the fuzzy expert information.

Ключевые слова: экспертная система, лингвистическая переменная, функция принадлежности, показатели согласованности, уровень зрелости организации.

Keywords: expert system, linguistic variable, membership function, consistency indices, maturity level of organization.
.

Введение. В целях достижения и сохранения устойчивого успеха в процессе функционирования организации проводится мониторинг ее состояния и оценка перспектив. Обеспечение успеха организации предполагает оптимальное соотношение высоких показателей удовлетворенности всех заинтересованных сторон: потребителей, владельцев, акционеров, поставщиков, партнеров и общества. В условиях сложной и нестабильной обстановки эта задача приобретает большую актуальность, для ее решения необходим четкий и практически автоматизированный алгоритм. Для определения состояния организации и уровня зрелости с точки зрения достижения устойчивого успеха используется самооценка. В результате самооценки организация получает информацию, полезную для всех заинтересованных сто-

*Работа выполнена по договору между ООО «Технический центр ДОН» и ДГТУ №63 от 01.07.2016.
**E-mail: borisovalv09@mail.ru, kaf-qm@donstu.ru, nurut.inna@yandex.ru
***The research is done within the frame of Contract No. 63, 01.07.2016.

рон. В частности, выявляются сильные и слабые стороны, определяются приоритеты деятельности, корректируется стратегия развития. Методика самооценки установлена стандартом ГОСТ Р ИСО 9004–2010 [1]. В ней определены 5 уровней зрелости, которые выставляются по каждому направлению деятельности, и 6 основных критериев, способных помочь организации решить внутренние проблемы. Перечислим эти критерии:

1) менеджмент для достижения устойчивого успеха организации,
2) стратегия и политика,
3) менеджмент ресурсов,
4) менеджмент процессов,
5) мониторинг, измерение, анализ и изучение,
6) улучшения, инновации и обучение.

Для применения методики, предложенной стандартом ГОСТ Р ИСО 9004-2010, необходимо определить четкую последовательность действий по выяснению уровня зрелости. Следует отметить, что методика не содержит алгоритма определения уровня зрелости для предприятия в целом (а только для каждого элемента в отдельности).

Для определения уровня зрелости организации предлагается использовать оценки внутренних экспертов [2]. Такие оценки содержат элемент субъективизма, а ряд характеристик являются качественными и сложно измеряются количественно, поэтому целесообразно создание экспертной системы на основе подхода теории нечетких множеств [3, 4]. В настоящее время экспертные системы используются как в задачах принятия решений в технических областях [5–7], так и для получения оценок в гуманитарных областях [8–10]. Методика нечеткого моделирования процесса получения достоверной оценки, основанная на использовании аппарата нечетких множеств, содержит этапы фаззификации, композиции и дефаззификации [11, 12]. На этапе фаззификации условия задачи представляются в лингвистической форме, определяются лингвистические переменные (ЛП), функции принадлежности (ФП) и показатели согласованности. Тем самым устанавливается адекватность и пригодность экспертной информации. На этапе композиции все нечеткие множества, назначенные для каждого терма каждой входной лингвистической переменной, объединяются, и формируется единственное нечеткое множество — значение для выводимой лингвистической переменной. В результате использования набора правил — нечеткой базы знаний — вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил. Этап дефаззификации заключается в получении на основе нечеткого логического вывода конкретной оценки.

Очевидно, что результат работы экспертной системы в значительной степени зависит от качества и адекватности исходной экспертной информации. В настоящей статье мы подробно остановимся на этапе фаззификации.

Методика фаззификации. Проиллюстрируем методику фаззификации на модельном примере. Поскольку уровень зрелости определяется на основе всех показателей, то представим каждый из них в виде ЛП. Для входных ЛП введем следующие термы: низкий (соответствует 1-му и 2-му уровням), средний (соответствует 3-му уровню), высокий (соответствует 4-му и 5-му уровням).

Введение трех термов при наличии пяти уровней зрелости отвечает требованию минимальной неопределенности для экспертов. В соответствии с наименованиями основных критериев зрелости, приведенных в [1], введем следующие ЛП.

Кортеж ЛП «менеджмент для достижения устойчивого успеха организации» (МДУУО) имеет вид:

<МДУУО, балл {низкий, средний, высокий}, [1–20],>.

Кортеж ЛП «стратегия и политика» (СП) имеет вид:

<СП, балл {низкий, средний, высокий}, [1–15],>.

Кортеж ЛП «менеджмент ресурсов» (МР) имеет вид:

<МР, балл {низкий, средний, высокий}, [1–40],>.

Кортеж ЛП «менеджмент процессов» (МП) имеет вид:

<МП, балл {низкий, средний, высокий}, [1–15],>.

Кортеж ЛП «мониторинг, измерение, анализ и изучение» (МИАИ) имеет вид:

<МИАИ, балл {низкий, средний, высокий}, [1–30]>.

Кортеж ЛП «улучшения, инновации и обучение» (УИО) имеет вид:

<УИО, балл {низкий, средний, высокий}, [1–15]>.

Для выходной ЛП «уровень зрелости организации» (УЗО) в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 9004-2010 [1] выберем 5-термовую модель. Кортеж ЛП УЗО имеет вид:

<УЗО, % {1-й уровень, 2-й уровень, 3-й уровень, 4-й уровень, 5-й уровень}, [0–100],>.

Выполним построение термов ФП с помощью типовых трапециевидных функций [13]. При этом для описания крайнего левого терма используется выражение $\mu^L(x)$, для средних термов — $\mu^C(x)$, для крайнего правого терма — $\mu^R(x)$:

$$\mu^L(x)=\begin{cases}1, & \text{если } x\le a\\ \frac{b-x}{b-a}, & \text{если } x<b\\ 0, & \text{если } x\ge b\end{cases};\quad \mu^C(x)=\begin{cases}0, & \text{если } x\le a\\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{если } a<x<c\\ 1, & \text{если } c\le x\le d\\ \frac{b-x}{b-d}, & \text{если } d<x<b\\ 0, & \text{если } x\ge b\end{cases};\quad \mu^R(x)=\begin{cases}0, & \text{если } x\le a\\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } x<b\\ 1, & \text{если } x\ge b\end{cases}.$$

Для оценки ЛП были привлечены четыре эксперта. В результате реализации процедуры фаззификации [14, 15] построены ФП входных и выходной ЛП. В табл. 1 приведены значения коэффициентов для всех входных ЛП, а на рисунке в качестве примера изображены графики ФП ЛП МДУУО, представленные экспертами.

Таблица 1

Значения коэффициентов *a*, *b*, *c*, *d* ФП входных ЛП

ЛП	Термы	1-й эксперт	2-й эксперт	3-й эксперт	4-й эксперт
МДУУО	Левый	$a=6$, $b=10$	$a=6$, $b=9$	$a=7$, $b=10$	$a=8$, $b=11$
	Центральный	$a=6$, $b=17$ $c=10$, $d=12$	$a=6$, $b=17$ $c=9$, $d=13$	$a=7$, $b=17$ $c=10$, $d=13$	$a=8$, $b=15$ $c=11$, $d=13$
	Правый	$a=12$, $b=17$	$a=13$, $b=17$	$a=13$, $b=17$	$a=13$, $b=15$
СП	Левый	$a=4$, $b=7$	$a=5$, $b=7$	$a=5$, $b=7$	$a=4$, $b=6$
	Центральный	$a=4$, $b=12$ $c=7$, $d=9$	$a=5$, $b=12$ $c=7$, $d=9$	$a=5$, $b=11$ $c=7$, $d=8$	$a=4$, $b=10$ $c=6$, $d=8$
	Правый	$a=9$, $b=12$	$a=9$, $b=12$	$a=8$, $b=11$	$a=8$, $b=10$
МР	Левый	$a=12$, $b=18$	$a=13$, $b=17$	$a=14$, $b=18$	$a=13$, $b=18$
	Центральный	$a=12$, $b=32$ $c=18$, $d=26$	$a=13$, $b=32$ $c=17$, $d=27$	$a=14$, $b=31$ $c=18$, $d=26$	$a=13$, $b=30$ $c=18$, $d=25$
	Правый	$a=26$, $b=32$	$a=27$, $b=32$	$a=26$, $b=31$	$a=25$, $b=30$
МП	Левый	$a=3$, $b=5$	$a=4$, $b=5$	$a=4$, $b=5$	$a=3$, $b=5$
	Центральный	$a=3$, $b=9$ $c=5$, $d=7$	$a=4$, $b=9$ $c=5$, $d=7$	$a=4$, $b=9$ $c=5$, $d=8$	$a=3$, $b=9$ $c=5$, $d=8$
	Правый	$a=7$, $b=9$	$a=7$, $b=9$	$a=8$, $b=9$	$a=8$, $b=9$
МИАИ	Левый	$a=10$, $b=14$	$a=10$, $b=14$	$a=12$, $b=17$	$a=12$, $b=17$
	Центральный	$a=10$, $b=26$ $c=14$, $d=21$	$a=10$, $b=27$ $c=14$, $d=23$	$a=12$, $b=26$ $c=17$, $d=21$	$a=12$, $b=27$ $c=17$, $d=23$
	Правый	$a=21$, $b=26$	$a=23$, $b=27$	$a=21$, $b=26$	$a=23$, $b=27$
УИО	Левый	$a=5$, $b=7$	$a=6$, $b=8$	$a=6$, $b=8$	$a=5$, $b=7$
	Центральный	$a=5$, $b=12$ $c=7$, $d=9$	$a=6$, $b=12$ $c=8$, $d=9$	$a=6$, $b=12$ $c=8$, $d=10$	$a=5$, $b=12$ $c=7$, $d=10$
	Правый	$a=9$, $b=12$	$a=9$, $b=12$	$a=10$, $b=12$	$a=10$, $b=12$

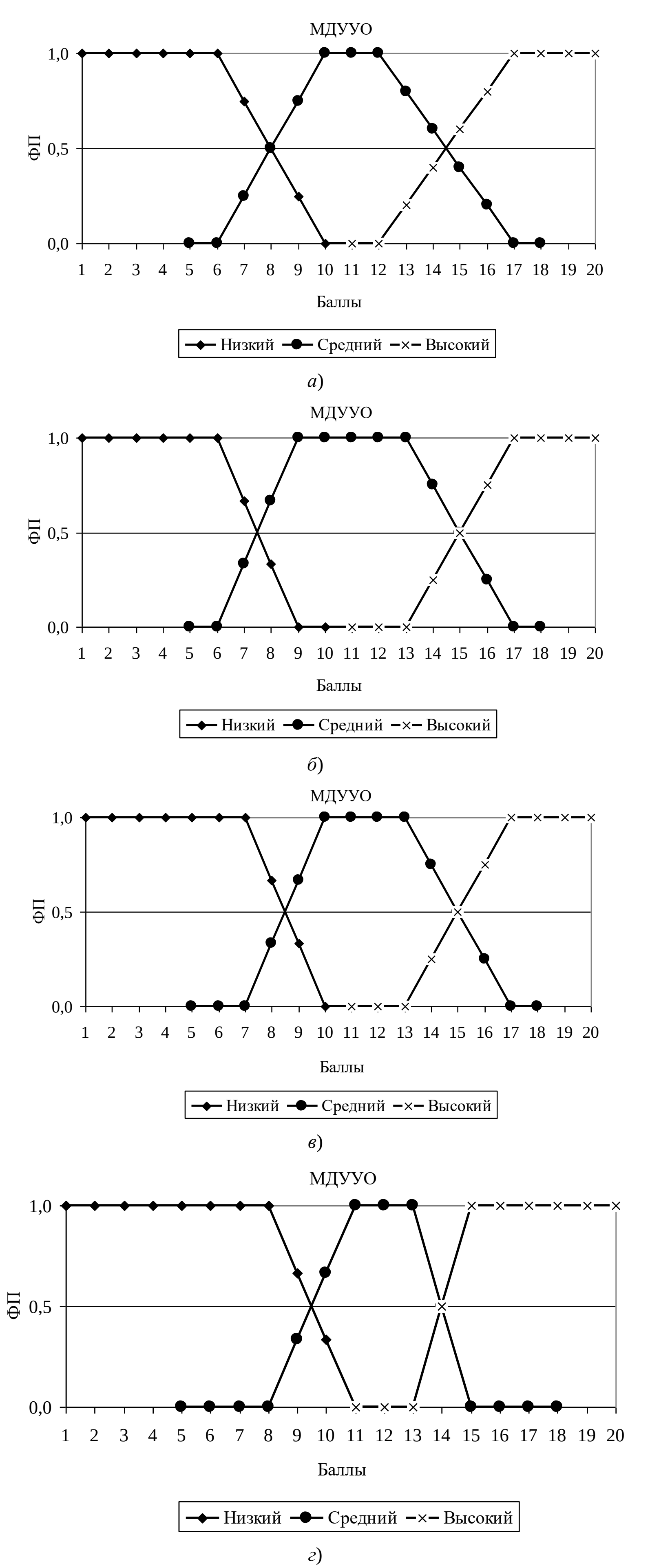


Рис. Функции принадлежности ЛП МДУУО: 1-й эксперт (*а*); 2-й эксперт (*б*); 3-й эксперт (*в*); 4-й эксперт (*г*)

Для оценки адекватности экспертной информации проведен анализ ее согласованности [16, 17]. Общая согласованность множества моделей экспертного оценивания признака определяется аддитивным k и мультипликативным $\tilde{k}$ показателями [13, 17]:

$$k=\frac{1}{m}\sum_{l=1}^{m}\frac{\int_0^1 \min\limits_{\forall i=1,2,\ldots,n}\mu_{il}(x)dx}{\int_0^1 \max\limits_{\forall i=1,2,\ldots,n}\mu_{il}(x)dx};\qquad \tilde{k}=\sqrt[m]{\prod_{l=1}^{m}\frac{\int_0^1 \min\limits_{\forall i=1,2,\ldots,n}\mu_{il}(x)dx}{\int_0^1 \max\limits_{\forall i=1,2,\ldots,n}\mu_{il}(x)dx}}\,. \tag{1}$$

Показатель различия d между моделями двух экспертов, i-го и j-го, в рамках l-го терма определяется как линейное расстояние (Хемминга) между нечеткими множествами с ФП $\mu_{il}(x)$ и $\mu_{jl}(x)$ [13, 17]:

$$d=\int_0^1\left|\mu_{il}(x)-\mu_{jl}(x)\right|dx\,. \tag{2}$$

Показатель согласованности между моделями определяется величиной k_{ij}^{l} [5]:

$$k_{ij}^{l}=\frac{\int_0^1 \min[\mu_{il}(x),\mu_{jl}(x)]dx}{\int_0^1 \max[\mu_{il}(x),\mu_{jl}(x)]dx}. \tag{3}$$

Затем строится матрица парной согласованности K^l моделей i-го и j-го экспертов. Очевидно, что на главной диагонали матрицы стоят единицы, и матрица симметрична.

На основе матрицы парной согласованности моделей для всех термов находится матрица согласованности моделей по всем термам. Ее элементы определяются формулой [13, 17]:

$$k_{ij}=\frac{1}{m}\sum_{l=1}^{m}k_{ij}^{l}. \tag{4}$$

Все характеристики согласованности (1)–(4) получены с помощью программной системы ввода экспертной информации [18]. В табл. 2 и 3 приведены характеристики парной согласованности для каждого терма ЛП МДУУО: матрицы парной согласованности K^1, K^2, K^3 и матрицы индексов нечеткости D^1, D^2, D^3 (верхние индексы 1, 2, 3 относятся к термам низкий, средний, высокий соответственно).

Таблица 2

Матрицы парной согласованности экспертной информации для ЛП МДУУО по каждому из термов

K^1	K^2	K^3
1 0,9 0,909 0,769 0,9 1 0,818 0,682 0,909 0,818 1 0, 846 0,769 0,682 0,846 1	1 0,867 0,857 0,65 0,867 1 0,867 0,6 0,857 0,867 1 0, 692 0,65 0,6 0,692 1	1 0,909 0,909 0,865 0,909 1 1 0,833 0,909 0,833 1 0,833 0,865 0,833 0,833 1

Таблица 3

Матрицы индексов нечеткости экспертной информации для ЛП МДУУО по каждому из термов

D^1	D^2	D^3
0 0,062 0,062 0,187 0,062 0 0,125 0,25 0,062 0,125 0 0,125 0,187 0,25 0,125 0	0 0,091 0,091 0,212 0,091 0 0,091 0,273 0,091 0,091 0 0,182 0,212 0,273 0,182 0	0 0,062 0,062 0,104 0,062 0 0 0,125 0,062 0,062 0 0, 125 0,104 0,125 0,125 0

Для всех входных ЛП в табл. 4 приводим матрицы парной согласованности и индексов нечеткости по всем термам, а также аддитивные k и мультипликативные $\tilde{k}$ показатели согласованности.

Таблица 4

Характеристики согласованности экспертной информации по всем термам для входных ЛП

ЛП	K	D	k	$\tilde{k}$
МДУУО	1 0,892 0,892 0,761 0,892 1 0,895 0,709 0,892 0,895 1 0,791 0,761 0,709 0,791 1	0 0,072 0,072 0,168 0,072 0 0,072 0,216 0,072 0,072 0 0,144 0,168 0,216 0,144 0	0,694	0,687
СП	1 0,925 0,798 0,748 0,925 1 0,865 0,682 0,798 0,865 1 0,778 0,748 0,682 0,778 1	0 0,054 0,143 0,188 0,054 0 0,089 0,242 0,142 0,089 0 0,153 0,188 0,242 0,153 0	0,682	0,674
МР	1 0,946 0,919 0,897 0,946 1 0,895 0,873 0,919 0,895 1 0,92 0,897 0,873 0,92 1	0 0,041 0,062 0,079 0,041 0 0,081 0,099 0,062 0,081 0 0,06 0,079 0,099 0,06 0	0,835	0,834
МП	1 0,892 0,776 0,88 0,892 1 0,875 0,776 0,776 0,875 1 0,896 0,88 0,776 0,896 1	0 0,083 0,153 0,069 0,083 0 0,069 0,153 0,153 0,069 0 0,083 0,069 0,153 0,083 0	0,776	0,776
МИАИ	1 0,885 0,848 0,741 0,885 1 0,741 0,857 0,848 0,741 1 0,875 0,741 0,857 0,875 1	0 0,079 0,113 0,193 0,079 0 0,193 0,113 0,113 0,193 0 0,079 0,193 0,113 0,079 0	0,741	0,74
УИО	1 0,859 0,796 0,93 0,859 1 0,921 0,796 0,796 0,921 1 0,867 0,93 0,796 0,867 1	0 0,103 0,155 0,052 0,103 0 0,052 0,155 0,155 0,052 0 0,103 0,052 0,155 0,103 0	0,796	0,793

Как видно из табл. 4, согласованность представленных экспертных данных достаточно высокая, и они могут быть использованы в экспертной системе для реализации этапов композиции и дефаззификации. На этапе композиции формулируются продукционные правила и делается вывод согласно правилам нечеткой логики. На этапе дефаззификации вычисляются точные значения результирующей ЛП. Для этих вычислений используют, например, метод «центра тяжести» [19]. Такой метод реализуется в среде *MatLab* с помощью пакета прикладных программ *Fuzzy Logic Toolbox* или с помощью приближенной методики [20] достаточно высокой точности.

Заключение. Рассмотрена методика информационной поддержки подготовки экспертной информации для анализа состояния организации и определения уровня ее зрелости с точки зрения достижения устойчивого успеха согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Алгоритм фаззификации исходной информации реализуется в четыре этапа.

1. Изучение предметной области, определение значимых лингвистических переменных и установление оптимальной лингвистической шкалы.
2. Сбор экспертной информации, построение функций принадлежности лингвистических переменных.
3. Вычисление характеристик согласованности экспертной информации: матриц парной согласованности и индексов нечеткости, аддитивного и мультипликативного показателей согласованности.
4. Вывод об адекватности экспертной информации и ее пригодности для дальнейшей обработки в экспертной системе.

Предложенная методика применена к модельному примеру анализа информации о состоянии организации, представленной четырьмя экспертами. Данная методика может быть применена в любых экспертных системах, функционирующих на основе нечеткой экспертной информации.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2011. — 32 с.

2. О подходе к оценке уровня зрелости организации с использованием теории нечетких множеств / Н. Н. Шумская [и др.] // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. статей 9-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 19-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2016». — Ростов-на-Дону, 2016. — С. 364–366.

3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин [и др.] ; под ред. Д. А. Поспелова. — Москва : Наука, 1986. — 312 с.

4. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов [и др.]. — Москва : Радио и связь, 1989. — 394 с.

5. Асаи, К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Сугэно. — Москва : Мир, 1993. — 368 с.

6. Димитров, В. П. Совершенствование методов технического обслуживания зерноуборочной техники на основе экспертных систем : дис. … д-ра техн. наук / В. П. Димитров. — Ростов-на-Дону, 2002. — 300 с.

7. Тугенгольд, А. К. К вопросу построения нечеткой экспертной системы продукционного типа для технологической регулировки машин / А. К. Тугенгольд, В. П. Димитров, Л. В. Борисова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2008. —Т. 8, № 3 (38). — С. 419–426.

8. Hrehova, S. Application of fuzzy principles in evaluating quality of manufacturing process / S. Hrehova, A. Vagaska // WSEAS Transactions on Power Systems. — 2012. — Vol. 7. — P. 50–59.

9. Особенности экспертного контроля качества в сфере обслуживания / Л. В. Борисова [и др.] // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. — Курск, 2014. — С. 110–113.

10. О подходе к экспертной оценке качества знаний / Н. Н. Шумская [и др.] // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. статей 8-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 18-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2015». — Ростов-на-Дону, 2015. — С. 321–324.

11. Zadeh, L.-A. Fuzzy sets / L.-A. Zadeh // Fuzzy sets and systems. — 1965 — № 8. — P. 338–353.

12. Knowledge representation in fuzzy logic / ed. R.-R. Yager, L.-A. Zadeh // An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems. — New York : Springer, 1992. — Vol. 165. — P. 1–27. — (The Springer International Series in Engineering and Computer Science).

13. Димитров, В. П. Теоретические и прикладные аспекты разработки экспертных систем для технического обслуживания машин / В. П. Димитров, Л. В. Борисова. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2007. — 202 с.

14. Димитров, В. П. О методике фаззификации нечеткой экспертной информации / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, И. Н. Нурутдинова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2012. — Т. 11, № 1–2 (62). — С. 46–50.

15. Борисова, Л. В. О методике представления нечетких экспертных знаний / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, И. Н. Нурутдинова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2014. — Т. 14.— № 4 (79). — С. 93–102.

16. Димитров, В. П. Методика оценки согласованности моделей нечетких экспертных знаний / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, И. Н. Нурутдинова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 2 (45). — С. 205–216.

17. Димитров, В. П. О показателях согласованности моделей экспертного оценивания / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, И. Н. Нурутдинова // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. статей 3-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 13-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2010». — Ростов-на-Дону, 2010. — С. 283–286.

18. Программная система для ввода экспертных знаний / В. П. Димитров [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2011. — Т. 11, № 1 (52). — С. 83–90.

19. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И. М. Макаров [и др.]. — Москва : Наука, 2006. — 333 с.

20. Димитров, В. П. О методике дефаззификации нечеткой экспертной информации / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, И. Н. Нурутдинова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 6 (49). — С. 868–878.

References

1. GOST R ISO 9004-2010. Menedzhment dlya dostizheniya ustoychivogo uspekha organizatsii. [GOST R ISO 9004-2010. Managing for the sustained success of an organization -A quality management approach.] Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Moscow: Standartinform, 2011, 32 p. (in Russian).

2. Shumskaya, N.N., et al. O podkhode k otsenke urovnya zrelosti organizatsii s ispol'zovaniem teorii nechetkikh mnozhestv. [On approach to assessment of organization maturity level with the use of fuzzy-set theory.] Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya: sb. statey 9-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh 19-y mezhdunar. agroprom. vystavki «Interagromash-2016». [Current state and development trends of agricultural machinery: Coll. of sci. papers of 8th Int. Sci.-Pract. Conf. within the framework of 18th Int. Agroindustrial Exhibition “Interagromash-2016”.] Rostov-on-Don, 2016, pp. 364–366 (in Russian).

3. Averkin, A.N., et al. Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta. [Fuzzy sets in models of control and artificial intelligence.] Pospelov, D.A., ed. Moscow: Nauka, 1986, 312 p. (in Russian).

4. Borisov, A.N., et al. Obrabotka nechetkoy informatsii v sistemakh prinyatiya resheniy. [Fuzzy information processing in the decision-making systems.] Moscow: Radio i svyaz', 1989, 394 p. (in Russian).

5. Asai, K., Sugeno, S. Prikladnye nechetkie sistemy.[Applied fuzzy systems.] Moscow: Mir, 1993, 368 p. (in Russian).

6. Dimitrov, V.P. Sovershenstvovanie metodov tekhnicheskogo obsluzhivaniya zernouborochnoy tekhniki na osnove ekspertnykh sistem : dis. … d-ra tekhn. nauk. [Improving maintenance methods of harvesters based on expert systems: Dr.Sci. (Eng.) diss.] Rostov-on-Don, 2002, 300 p. (in Russian).

7. Tugengold, A.K., Dimitrov, V.P., Borisova, L.V. K voprosu postroeniya nechetkoy ekspertnoy sistemy produktsionnogo tipa dlya tekhnologicheskoy regulirovki mashin. [To the question of fuzzy expert system constructing production type for technological adjustment of machines.] Vestnik of DSTU, 2008, vol. 8, no. 3 (38), pp. 419–426 (in Russian).

8. Hrehova, S.,Vagaska, A. Application of fuzzy principles in evaluating quality of manufacturing process . WSEAS Transactions on Power Systems, 2012, vol. 7, pp. 50–59.

9. Borisova, L.V. et al. Osobennosti ekspertnogo kontrolya kachestva v sfere obsluzhivaniya. [Features of export quality control in the service sector.] Kachestvo produktsii: kontrol', upravlenie, povyshenie, planirovanie : sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Quality of products: control, management, improvement, planning: Coll. sci. papers Int. Sci.-Pract. Conf.] Kursk, 2014, pp. 110–113 (in Russian).

10. Shumskaya, N.N., et al. O podkhode k ekspertnoy otsenke kachestva znaniy. [On approach to the expert assessment of the knowledge quality.] Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya: sb. statey 8-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh 18-y mezhdunar. agroprom. vystavki «Interagromash-2015». [Current state and development trends of agricultural machinery: Proc. 8th Int. Sci.-Pract. Conf. within the framework of 18th Int. Agroindustrial Exhibition "Interagromash-2015".] Rostov-on-Don, 2015, pp. 321–324 (in Russian).

11. Zadeh, L.-A. Fuzzy sets. Fuzzy sets and systems, 1965, no. 8, pp. 338–353.

12. Yager, R.-R., ed., Zadeh, L.-A. Knowledge representation in fuzzy logic. An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems. New York: Springer, 1992, vol. 165, pp. 1–27 (The Springer International Series in Engineering and Computer Science).

13. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V. Teoreticheskie i prikladnye aspekty razrabotki ekspertnykh sistem dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin. [Theoretical and applied aspects of the development of expert systems for maintenance of machinery.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2007, 202 p. (in Russian).

14. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Nurutdinova, I.N. O metodike fazzifikatsii nechetkoy ekspertnoy informatsii. [On expert information fuzzification method.] Vestnik of DSTU, 2012, vol. 11, no. 2 (62), pp. 46–50 (in Russian).

15. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Nurutdinova, I.N. O metodike predstavleniya nechetkikh ekspertnykh znaniy. [On method of representation of fuzzy expertise.] Vestnik of DSTU, 2014, vol. 14, no. 4 (79), pp. 93–102 (in Russian).

16. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Nurutdinova, I.N. Metodika otsenki soglasovannosti modeley nechetkikh ekspertnykh znaniy. [Methods for estimating coordination of fuzzy expert knowledge models.] Vestnik of DSTU, 2010, vol. 10, no. 2 (45), pp. 205–216 (in Russian).

17. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Nurutdinova, I.N. O pokazatelyakh soglasovannosti modeley ekspertnogo otsenivaniya. [On reconciliation expert estimation models.] Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya: sb. statey 3-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh 13-y mezhdunar. agroprom. vystavki «Interagromash-2010». [Current state and development trends of agricultural machinery: Proc. 3rd Int. Sci.-Pract. Conf. within the framework of 13th Int. Agroindustrial Exhibition "Interagromash-2010".] Rostov-on-Don, 2010, pp. 283–286 (in Russian).

18. Dimitrov, V.P., et al. Programmnaya sistema dlya vvoda ekspertnykh znaniy. [Programmed system for input of expert knowledge.] Vestnik of DSTU, 2011, vol. 11, no. 1 (52), pp. 83–90 (in Russian).

19. Makarov, I.M., et al. Iskusstvennyy intellekt i intellektual'nye sistemy upravleniya. [Artificial intelligence and intelligent control systems.]. Moscow: Nauka, 2006, 333 p. (in Russian).

20. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Nurutdinova, I.N. O metodike defazzifikatsii nechetkoy ekspertnoy informatsii. [On defuzzification method in fuzzy expert information processing.] Vestnik of DSTU, 2010, vol. 10, no. 6 (49), pp. 868–878 (in Russian).

Поступила в редакцию 29.07.2016
Сдана в редакцию 29.07.2016
Запланирована в номер 30.09.2016

Received 29.07.2016
Submitted 29.07.2016
Scheduled in the issue 30.09.2016